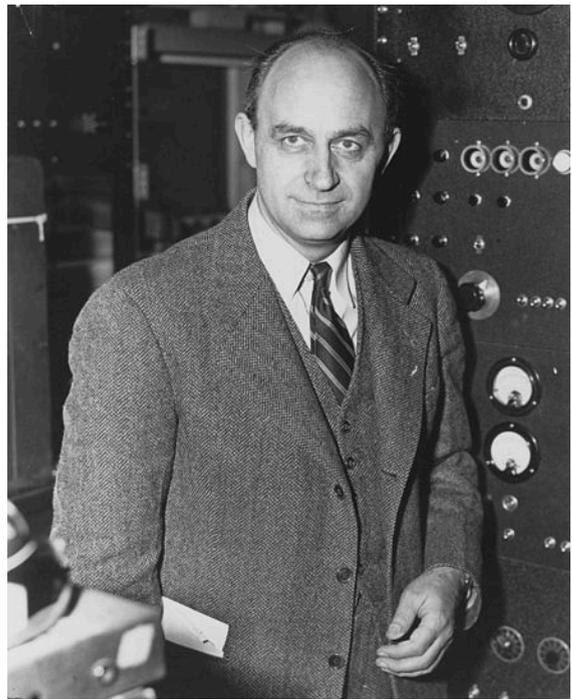


I: Buongiorno Professor Fermi! Finalmente un italiano in questa rubrica!

F: Buongiorno a voi, anche se temo che ormai il mio accento sia irrimediabilmente compromesso dall'inglese.

I: Sembra più un accento vagamente germanico, ma va benissimo. Lei è stato definito l'ultimo fisico completo, grande teorico e anche abilissimo sperimentatore. Ci può raccontare un po' le sue ricerche?

F: Sono sempre stato in gamba in matematica, e poi anche in fisica. Ricordo che con il tema di ingresso alla Normale di Pisa stupii tutti i professori. La mia era l'epoca della meccanica quantistica e della nascita della fisica nucleare. Mi sono occupati di tantissimi problemi sia classici che quantistici, perché ancora si andava avanti con le analogie classiche. Soprattutto mi è servita da guida la termodinamica e la fisica statistica, per esempio il mio famoso lavoro sulla statistica dei fermioni, le particelle a spin non intero che portano il mio nome, fu motivato dall'esigenza di spiegare la formula dell'entropia di un gas perfetto.



I: Potrebbe essere più chiaro?

F: Come ha detto qui anche Boltzmann, l'entropia di un gas racchiuso in una scatola o in una buca di potenziale è dato dal logaritmo del numero di configurazioni possibili. Ma se le particelle potessero stare in ogni posizione e con qualsiasi velocità, questo numero sarebbe semplicemente infinito. Per fortuna c'è il principio di indeterminazione di Heisenberg che praticamente dice che lo spazio accessibile è diviso in "cubetti", ovvero che è quantizzato, cosa che porta anche ai livelli discreti dell'energia. Questo è alla base anche delle scoperte di Planck, anche se non se ne era reso conto, e venne generalizzato da Einstein per i fotoni, che possono stare in numero arbitrario in uno stato. C'è però da considerare che le particelle elementari, come i fotoni ma anche gli elettroni, sono indistinguibili, così che il numero di configurazioni non "esplode" quando considero tanti fotoni o elettroni: non devo considerare gli scambi tra loro, sono tutti uguali.

I: Chiaro. Ma i fotoni sono bosoni e gli elettroni fermioni..

F: E infatti bisogna disporli in maniera diversa. Come ha detto anche qui Bose, i fotoni possono accumularsi nei livelli, mentre i fermioni no, ce ne può stare al più solo uno in ogni cubetto.

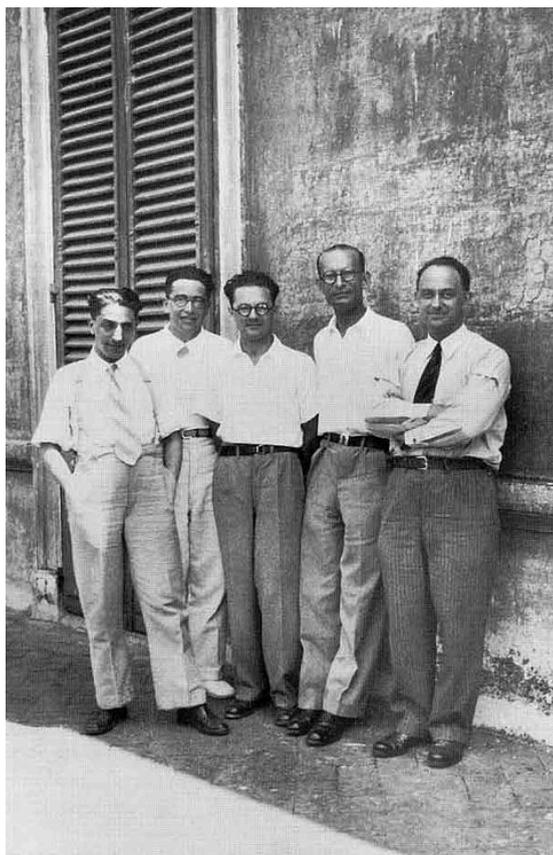
I: E questo cosa comporta?

F: Che i livelli più bassi si riempiono subito, costringendo gli altri elettroni a stare in livelli più elevati.

I: Aha, e quindi nasce la tavola periodica...

F: Certo. Inoltre, quando ci sono tantissimi elettroni, non c'è più bisogno di guardare in dettaglio come sono fatti gli orbitali, basta considerare gli elettroni come un liquido. In questa maniera si può

calcolare come funzionano i metalli e i semiconduttori, e anche gli atomi con grande numero atomico. La stessa approssimazione si usa per il nucleo atomico degli atomi più pesanti, e si chiama appunto modello atomico o nucleare di Thomas-Fermi.



I: E dal punto di vista accademico che cosa fece?

F: Dopo la laurea me ne andai un po' all'estero, a Gottinga e Leida, e poi nel 1924 fui chiamato alla cattedra di fisica matematica a Firenze, su invito del sindaco del direttore dell'istituto di fisica.

Nel 26 poi vinsi il concorso la prima cattedra di fisica teorica in Italia, creata apposta per me dopo che mi avevano "trombato" a altri concorsi per favorire persone meno brillanti ma più agganciate con il sistema. Devo ringraziare Corbino, fisico e politico, per avermi sempre appoggiato e per aver spinto per creare sia la mia cattedra che il gruppo dei ragazzi di via Panisperna.

I: Corbino però non si iscrisse mai al Partito Nazionale Fascista, mentre lei sì, oltre a essere membro alla massoneria.

F: Io non sono certo mai stato di sinistra, ma neppure convinto fascista. Come dice Amaldi, in privato criticavo il fascismo e inoltre avevo sposato un'ebrea, ma per

potermi dedicare alla fisica ero pronto a qualsiasi compromesso. Però non certo a sacrificare mia moglie, cosicché pianificai la fuga in America dopo il Nobel, nel 1938.

I: Fu uno scandalo...

F: Già. Ero già scandaloso avendo una moglie ebrea, e inoltre alla cerimonia indossai il frac invece dell'uniforme da accademico d'Italia o quella fascista, e non feci il saluto fascista limitandomi a stringere la mano al re, cosicché tutti i giornali mi attaccarono e mi resero più facile l'abbandono dell'Italia. Mi dispiacque lasciare i miei ragazzi, ma molti di loro avevano trovato la loro strada. Rasetti era andato in Canada e poi negli Stati Uniti, Potecorvo era in Francia e Segré a Palermo. Majorana scomparve quell'anno.

I: Lei è famoso per varie scoperte, oltre alla statistica di Fermi-Dirac, per esempio per la teoria del decadimento beta e soprattutto per gli studi sperimentali sulle trasmutazioni atomiche. Ce ne può parlare?

F: Il decadimento beta era una cosa molto misteriosa ai miei tempi. Si verifica, come scoprii, quando un neutrone si converte in un protone emettendo un elettrone e un neutrino, che però non era rilevabile a quel tempo, era stato ipotizzato da Pauli che però era restio a pubblicare l'articolo. Però, se non ci fosse stato il neutrino, l'elettrone emesso avrebbe dovuto avere una energia ben precisa, dato che il neutrone e il protone, se il processo avviene all'interno di un nucleo, sono essenzialmente immobili. Invece l'elettrone aveva delle velocità variabili, con uno spettro caratteristico. Born era convinto che il processo violasse la conservazione dell'energia, ma io preferivo pensare all'esistenza di una particella non rilevabile, che però compensasse l'energia mancante. Feci i calcoli e tornarono perfettamente con i dati sperimentali. Praticamente dimostrai che l'elettrone non era preesistente, ma che veniva creato dalla trasformazione del neutrone in protone. Proposi l'articolo a Nature, ma fu rifiutato perché

«...conteneva speculazioni che erano troppo distanti dalla realtà».... Poi lo pubblicammo in italiano e in tedesco.

I: Lei però prese il nobel per un lavoro essenzialmente sperimentale...

F: Sì, la scoperta delle trasmutazioni nucleari ad opera dei neutroni lenti.

I: Ci può raccontare come andò?

F: Beh, eravamo agli inizi della fisica subatomica, ma da Rutherford in poi tutti, e in particolare i coniugi Joliot-Curie si erano messi a bombardare i nuclei con particelle di vario tipo, in genere cariche perché così è possibile accelerarle per via elettrostatica. Noi, invece usavamo neutroni, che non sono facili da generare.

I: E come facevate?

F: Usavamo radio. Il radio e alcuni dei suoi figli tra cui il radon emettono particelle alfa, che impattando sul berillio possono produrre neutroni. Quindi mettevamo polvere di radio e di berillio in dei tubi di vetro sigillati, che poi usavamo per irradiare i vari materiali.

I: Non è pericoloso?

F: Penso di sì, infatti sono morto a poco più di cinquant'anni di tumore allo stomaco, ma pensi che ho anche costruito una pila atomica senza schermatura... Ma torniamo alla fisica di via Panisperma. Irraggiavamo sistematicamente tutti i materiali della tavola periodica, e vedemmo molte trasmutazioni, ovvero materiali che cambiavano in altri, alcuni dei quali radioattivi. Solo che l'efficienza cambiava in maniera erratica, a seconda del tavolo utilizzato...

I: Come a seconda del tavolo?

F: Se usavamo dei tavoli di legno, il carbonio agiva da moderatore, cosa che non succedeva con i tavoli di marmo. Ma una volta c'era un tavolo di marmo sotto cui erano stati lasciati dei secchi d'acqua dalla donna delle pulizie, e nell'acqua c'è l'idrogeno che è un ottimo moderatore di neutroni. Non ci capivamo niente finché non misi un blocco di paraffina davanti alla mia sorgente, e improvvisamente l'efficienza schizzò alle stelle. Avevo scoperto la moderazione neutronica, un elemento che si mostrerà decisivo per la costruzione delle centrali nucleari e della bomba atomica.

I: Però non scopri la fissione!

F: Ce l'avevamo sotto il naso e la mancammo clamorosamente! Avevamo ovviamente irraggiato l'uranio, e notato la produzione di nuovi elementi, che però prendemmo per isotopi di sostanze transuraniche, a cui addirittura demmo dei nomi "fascisteggianti" "esperio" e "ausonio", per onorare le razze Italiane. Fui spinto in ciò anche da Corbino, che dette l'annuncio prima che i risultati fossero confermati, perché lui pensava sempre a arruffianarsi con il potere per avere più soldi. Invece, come scopirono poi Lise Meitner e Otto Hanh, quelli che avevamo visto erano i prodotti della fissione.



Comunque il mio Nobel fu determinato non dalla mia genialità quanto dalla mia velocità in laboratorio: le stesse scoperte a cui ero arrivato io presto sarebbero state fatte da qualcun altro, c'ero semplicemente arrivato prima.

I: Ma con il successo arrivarono anche i soldi, o no?

F: Macché! Le nostre sorgenti al berillio erano troppo deboli, e volevamo costruire degli acceleratori come quelli che avevano a Berkeley, ma la richiesta venne rifiutata. Questa decisione segnò la fine del sogno di un ciclotrone italiano e la morte della fisica nucleare italiana, proprio alcuni mesi prima dell'assegnazione del premio Nobel per la fisica. Quindi a 37 anni me ne andai dove si studiava veramente la fisica, in America.

I: Dove lavorò alla costruzione della bomba atomica...

F: Il mio contributo maggiore fu la dimostrazione, mentre ero a Chicago, che l'uranio naturale e la grafite possono produrre una reazione a catena. Proprio ciò che i tedeschi non riuscirono mai a fare. Dato che la reazione a catena è difficile da fermare, feci una cosa che penso sia molto furba: costruimmo una pila di mattoni di grafite e facemmo cadere un pezzo di uranio nel centro: se il pezzo di uranio faceva raggiungere la massa critica si vedeva un aumento del flusso neutronico, che però subito dopo cessava dato che l'uranio necessario cadeva via. All'inizio eravamo molto al di sotto della massa critica e non succedeva nulla. Aumentammo quindi pian piano la massa di uranio fino ad arrivare a determinare la massa critica.

I: Ma lei era favorevole o no alla guerra atomica? Lei fu favorevole al bombardamento di Hiroshima e Nagasaki, invece che a una semplice dimostrazione!

F: Certo, pensavo che un attacco atomico su una città giapponese fosse necessario per finire la guerra. D'altronde, anche dopo Hiroshima e Nagasaki alcuni militari giapponesi cercarono di impedire che l'Imperatore si arrendesse. Dopo la guerra, mi schierai all'inizio con i falchi come Teller e Von Neumann, a favore della corsa agli armamenti e della bomba all'idrogeno. Comunque, ero d'accordo con Bethe, che era invece un pacifista, che si dovesse raffinare la bomba atomica e considerarla come un deterrente, non come un'arma: una politica che fu adottata sia dagli Stati Uniti, che dall'Unione Sovietica e portò alla pace, anche se basata sul terrore. Quanto alla bomba all'idrogeno, alla fine presi una netta posizione contro di essa nel Comitato Generale di Consulenza per la Commissione dell'Energia Atomica.

I: E poi?

F: Penso che un altro importante contributo che diedi fu di comprendere immediatamente l'importanza dei calcolatori elettronici. Anche quando ero già malato cercai di stimolare lo studio della fisica computazionale, persino qui in Italia, e grazie a me fu costruita la Calcolatrice Elettronica Pisana.

I: I livornesi non saranno stati d'accordo, immagino... Ma ci racconti del suo famoso esperimento numerico.

F: Insieme a due miei colleghi di Los Alamos, Pasta e Ulam, e grazie al fondamentale contributo della programmatrice Tsingou, scrivemmo la prima simulazione numerica di un problema teorico, usando i calcolatori che erano stati utilizzati per i calcoli sulla bomba atomica.

I: E che problema era?

F: La meccanica statistica è alla base dello studio delle proprietà della materia, ma tutti i calcoli che si riescono a fare con carta e penna hanno alla base un paradosso: perché si possano fare, i modelli devono essere "separabili" in componenti semplici, ma se fossero veramente separabili questi

componenti non potrebbero arrivare ad avere la stessa temperatura, e quindi non si dovrebbe poter applicare la meccanica statistica.

I: E come si risolve il paradosso?

F: si suppone che si sia un'interazione molto piccola, che poi si trascura nei calcoli. Dato che avevamo a disposizione un calcolatore per la prima volta nella storia, cercammo di verificare se questo era vero. Simulammo una catena di oscillatori, essenzialmente una corda di uno strumento musicale. Se la corda fosse completamente armonica, darebbe il suono del diapason, e l'energia resterebbe confinata nelle varie armoniche a seconda di come la corda viene percossa. Ma in una corda reale non è completamente armonica, e infatti, indipendentemente da come viene percossa, dà sempre il suo suono caratteristico.



I: E la vostra simulazione:

F: Dette dei risultati sorprendenti, e infatti non pubblicammo il lavoro anche perché era classificato e io morii poco dopo. Solo dopo molto tempo fu riscoperto. Vedemmo che all'inizio l'energia si distribuisce nelle varie armoniche, come dice la meccanica statistica, salvo ritornare poco dopo in una configurazione simile a quella iniziale. Solo dopo moltissimo tempo, molto di più di quanto potevamo simulare, si ha la vera "equipartizione". Ci sono voluti moltissimi studi per capire la causa di questo rilassamento lentissimo, ovvero il fatto che il nostro modello è molto "vicino" a un modello "separabile", che quindi non rilassa mai all'equilibrio.

I: In conclusione, è soddisfatto della sua vita?

F: Ovviamente avrei voluto poter continuare a studiare fisica più a lungo.. La fisica nucleare è così bella.. che m'importa dei compromessi che bisogna fare per studiarla?

I: Mi sembra una risposta molto chiara. La salutiamo professor Fermi.

F: Arrivederci.

https://it.wikipedia.org/wiki/Enrico_Fermi

<https://www.youtube.com/watch?v=zVo1m6LlaZ8>

https://it.wikipedia.org/wiki/Calcolatrice_Elettronica_Pisana

https://en.wikipedia.org/wiki/Mary_Tsingou

https://en.wikipedia.org/wiki/Fermi%E2%80%93Pasta%E2%80%93Ulam%E2%80%93Tsingou_problem